

島根大学プロジェクト研究推進 機構 『萌芽研究部門』	平成23年度	年度報告書		提出日 平成23年2月20日
① プロジェクト名	小規模浄化槽の簡易な高度処理技術の開発			
② プロジェクトリーダー	清家 泰	所属	総合理工学部	
		電子メール	yseike@riko.shimane-u.ac.jp	
③ プロジェクトの概要 (プロジェクトの最終年度における到達目標を簡潔に記入してください。)				
<p>高度処理を備えた下水道への接続が困難な地域では、個別処理を余儀なくされることから、既存の小規模浄化槽（BOD 対応型）の高度処理化に向けた技術開発は、緊急の課題であり、その期待は今後益々高まるものと予想される。本研究では、BOD 対応型の既存の浄化槽に装着可能な、低コストでメンテナンスの容易な高度処理（脱窒・脱リン）装置の開発を目指し検討する。</p> <p>本研究では、先ず、メンテナンスの容易さの観点から、鉄電解装置の電極の耐用期間（3ヶ月）を延ばすために改良を加え、最終年度における到達目標を耐用期間6ヶ月以上とする。次に、開発した装置に適宜改良を加えてN及びPの除去効率の向上を図り、最終年度における到達目標として、<u>放流水の水質目標値を、N: 15 mgN/L 及びP: 1.0 mgP/L 程度とする。</u>環境省令では、N、Pそれぞれ60 mgN/L、8 mgP/Lであるが、島根県では、上乗せ条令により、処理水量に応じてそれぞれ30 mgN/L、3 mgP/L（5,000 m<sup>3</sup>/day 未満）、20 mgN/L、2 mgP/L（50,000 m<sup>3</sup>/day 未満）、15 mgN/L、1 mgP/L（50,000 m<sup>3</sup>/day 以上）と定められている。本目標値は、その大型処理施設に科せられた最も厳しい基準値に合わせて設定した。第3に、脱リンされたリンを利用し、<u>資源としてのリンの回収技術を確立する。</u></p>				
④ プロジェクトのメンバー及び役割				
氏名	所属（職）	本年度の役割分担		
(プロジェクトリーダー) 清家 泰(60)	総合理工学部(教授)	小規模浄化槽に装着可能な簡易高度処理装置の開発・応用及び総括		
共同研究者 奥村 稔(64)	総合理工学部(教授)	資源としてのリンの回収技術の開発		

**⑤ (1) 本年度の研究計画目標の達成状況及び自己評価**

(本年度当初の計画書に書かれた内容に沿って、計画と達成目標を箇条書きにしてください。また、その達成目標の項目ごとにその達成状況を記入し、以下の基準に従って自己評価して下さい。A:目標以上に成果をあげた B:ほぼ目標通りの達成度で予定した成果をあげている C:計画より遅れ気味であるが年度末には目標達成が可能である D:年度末までに目標達成は不可能である。自己評価がB以外の場合には、その原因についても記載して下さい。2～3月に行う計画のため未執行の場合には評価を空欄にして下さい。)

計画と達成目標	達成状況と自己評価
<p>1. 鉄電極の耐用期間の延長技術の開発</p> <p>先行技術では、鉄電解装置を曝気槽に設置しているため、鉄電極の劣化が激しくその耐用期間が3ヶ月程度で交換する必要があった。本研究では、鉄電解装置を敢えて嫌気槽に設置することで、その耐用期間の延長を目指す。[目標]:鉄電極の耐用期間を6ヶ月以上とする。</p>	<p>(自己評価) A</p> <p>鉄電解装置を、昨年度は嫌気槽第2室に、本年度は嫌気槽第1室にそれぞれ設置し検討した。鉄電極の耐用期間は、それぞれ約8ヶ月(嫌気槽第2室)及び10ヶ月以上(嫌気槽第1室)であった。目標値(6ヶ月以上)を大幅に上回る結果を得た。(目標値を大幅に上回ったので自己評価をAとした)</p>
<p>2. 簡易な脱窒高度処理技術の改善</p> <p>脱窒システム付の小型合併浄化槽を使用し、性能試験を実施する。性能試験の結果に基づき、曝気槽から嫌気槽への返送量を適宜変え検討する。[目標]:放流水濃度目標値15 mgN/L(島根県上乗せ基準のなかでも、50,000 m<sup>3</sup>/day以上の大型処理施設に科せられた最も厳しい基準値に相当)。</p>	<p>(自己評価) B</p> <p>性能(Nの除去率)について検討した。放流水濃度は5～8 mgN/Lであり目標値(8 mgN/L)を大幅にクリアできた。(既存の返送装置を利用し検討したので自己評価はBとした)</p>
<p>3. 曝気槽からの亜酸化窒素(温室効果ガス)放出の実態解明</p> <p>本研究を進めるなかで、鉄電解装置を曝気槽に設置(先行技術)の場合、Fe<sup>3+</sup>とNH<sub>2</sub>OHの化学反応によりN<sub>2</sub>O(温室効果ガス)が生成することが分かった。その実態について検討した。[目標]:実態把握</p>	<p>(自己評価) A</p> <p>曝気槽では、アンモニアの微生物的酸化(硝化)過程の副産物としてN<sub>2</sub>Oが生成されることが知られているが、本研究により、鉄電解を曝気槽で行う場合、化学反応分がプラス(3割程度)されるが、鉄電解を嫌気槽で行う場合には、その反応は抑制されることが明らかとなった。(本研究を遂行する中で見出した成果なので自己評価はAとした)</p>
<p>4. 簡易な脱リン高度処理技術の開発</p> <p>☆ 簡易脱リン装置を作成し、小型合併浄化槽の嫌気槽に組み込んで性能試験を実施する。性能試験の結果に基づき、適宜改良を加える。[目標]:放流水濃度目標値1.0 mgP/L(島根県上乗せ基準のなかでも、50,000 m<sup>3</sup>/day以上の大型処理施設に科せられた最も厳しい基準値に相当)。</p>	<p>(自己評価) B</p> <p>計画通り、試作した簡易脱リン装置を小型合併浄化槽の嫌気槽に組み込み、装置の性能(Pの除去率及び電極の耐用期間)について検討した。放流水濃度は0.5～1.2 mgP/L程度であり、目標値(1.0 mgP/L)をほぼ達成できた。ちなみに、50,000 m<sup>3</sup>/day未満の大型処理施設に科せられた島根県の上乗せ基準(2.0 mgP/L)は軽くクリアー。</p>
<p>5. 脱リンされたリンから資源としてのリンの回収技術の開発</p> <p>脱リンされたリンから、資源としてのリンの回収技術の開発を目指す。[目標]:回収技術の開発</p>	<p>(自己評価) B</p> <p>リンは、枯渇が懸念されている資源のひとつである。そこで、鉄電解法により得られたスラッジ(Fe(OH)<sub>m</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>n</sub>やFePO<sub>4</sub>を含む)からリンをアルカリ溶液で抽出する方法について検討した。電気炉を用いてスラッジを300℃で2時間程度処理した後、6 M KOH水溶液で抽出することで85%程度回収できた。この条件が最も効率的であった。</p>

(2)プロジェクト全体の自己評価(プロジェクト全体としての達成目標から、今年度の研究成果がこれまでの経過・成果にもとづいてどの段階にあるのかを明示して下さい。また、各グループ間での連携状況についても記入してください。)

●プロジェクト全体評価(自己評価) プロジェクト全体としての達成目標に対する今年度の研究成果の達成状況について

(自己評価)

本研究の目的は、BOD 対応型の既存の小規模浄化槽に装着可能な、低コストでメンテナンスの容易な高度処理(脱窒・脱リン)装置(鉄電解装置)の開発にある。具体的には、鉄電極の耐用期間を6ヶ月以上に延ばすことと、脱窒と脱リンのそれぞれの能力、則ち放流水の水質濃度を、島根県の上乗せ条令のなかで最も厳しい基準値(N: 15 mgN/L 及び P: 1.0 mgP/L)程度を保証する技術を開発することであり、ほぼ計画通りに遂行できた。

先行技術(鉄電解装置を曝気槽に設置)は、脱リン能力は高いものの、鉄電極の劣化が激しいためその交換を3ヶ月程度で行う必要があり、維持管理上に難点があった。先行技術がこれまであまり普及しなかった最大の原因がここにある。本研究では、敢えて鉄電解装置を嫌気槽に設置することにより、鉄電極の耐用期間を10ヶ月以上に延ばすことに成功した。脱リン能力についても、効率的にはやや劣るものの、大規模な高度処理施設に匹敵するほど十分な能力を発揮した。今後の普及が期待できる技術であると確信している。

今一つの目的は、近年リン資源の枯渇が懸念されていることから、脱リンされたリンを利用し、資源としてのリンの回収技術を確認することであったが、80%程度まで回収できる技術を確認できた。このように、今年度の研究成果の達成状況もほぼ予定通りで満足している。

なお、計画段階では想定していなかったが、浄化槽からの $N_2O$ (温室効果ガス)の大気への放出に関する研究で興味深い知見を得たことも収穫であった。特筆に値する成果と考えている。

●各グループ間またはメンバーとの連携状況

共同研究者の奥村稔教授とは、同じ研究室ということもあって、緊密な連携状態にあり問題はなかった。

⑥ 公表論文、学会発表など(当該研究に関連した本年度の公表論文、学会発表、特許申請の件数を一覧表に記入して下さい。発明等に関しては、差し支えない範囲で記載して下さい。)

論文掲載 (総件数)	0
学会発表 (総件数)	1
特許出願 (総件数)	0

【内訳】

●論文(別途添付して頂く個人調書の中から年度末までに発行される学術雑誌等(紀要も含む)に掲載が確定しているものも含め、代表的なものを10件程度選んで記入してください。)

なし

●学会発表(代表的なものを数件記入して下さい)

●特許出願

なし

今後出願の予定

⑦外部資金獲得状況（当該プロジェクトに関連した外部資金について一覧の各項目に総件数，金額を記入して下さい。）

■外部資金獲得状況一覧		件数	金額(千円)
(1) 科研費 (配分額は間接経費を含む)		0	配分額 0
(2) 科研費以外の外部資金	受託研究	0	0
	共同研究	0	0
	寄附金・助成金	0	0
	合計	0	0

【一覧内訳】

(1) 科研費(科目ごとに，テーマ，研究者，金額をそれぞれ列挙してください。)

(例) 基盤(A)「研究テーマ」(研究者:〇〇) 〇〇〇千円  
なし

(2) その他外部資金(一覧の項目別に，テーマ，研究者，金額を列挙してください。)

(例) 受託研究「研究テーマ」(事業名)(研究者)〇〇千円  
なし

⑧その他特筆すべき成果(受賞，シンポジウムの開催，産学連携・地域連携に関する各種見本市，展示会への出展等も含む)

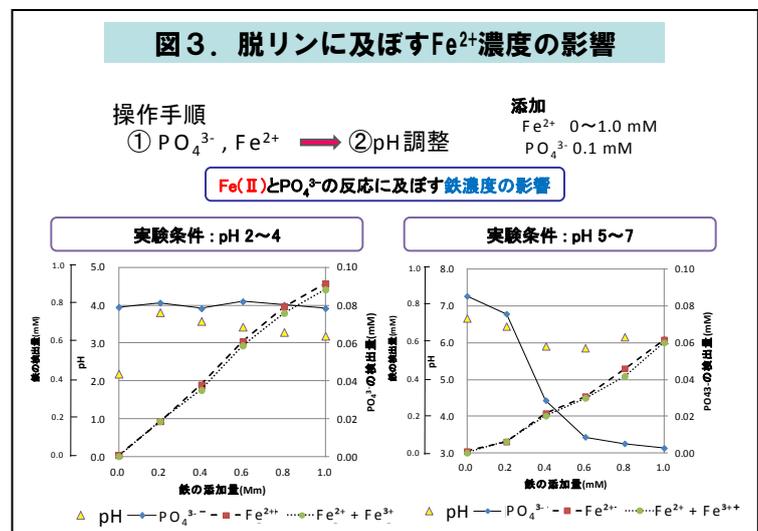
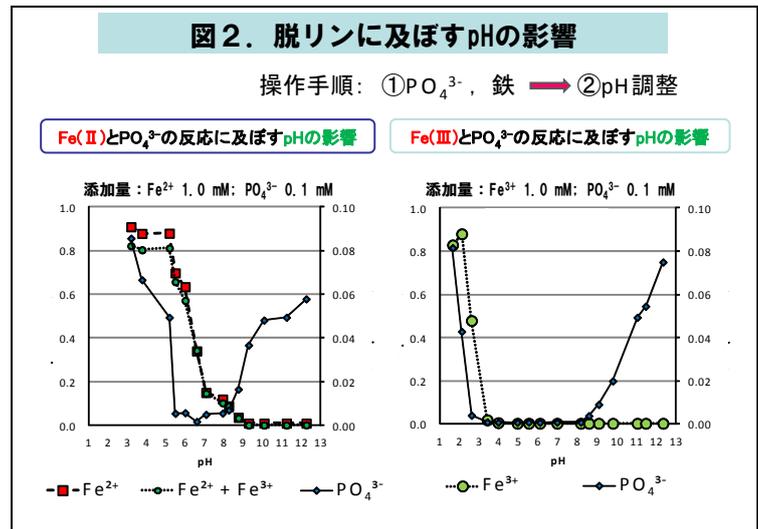
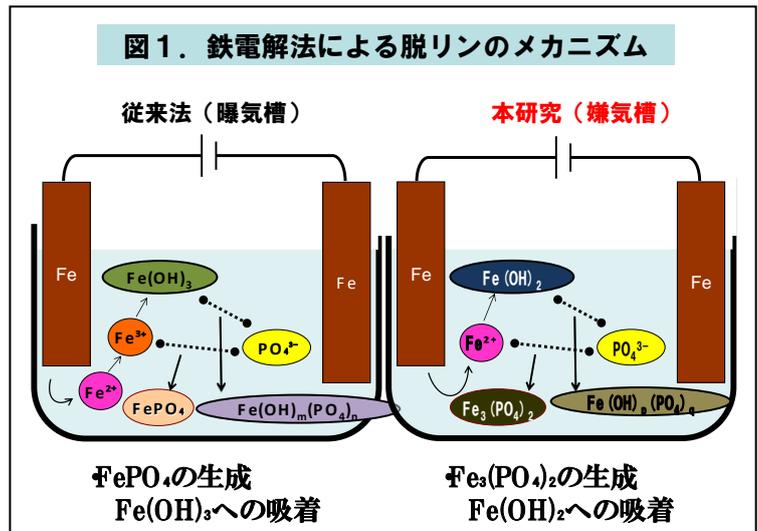
島根県環境政策課が，本研究に関心を寄せ，農業集落排水処理施設(小～中規模浄化槽)に本装置を導入することを検討している。

1. 脱リンに関する研究成果

既存の鉄電解法による脱リン技術は、曝気槽に組み込まれているため、脱リン能力自体は申し分ないが、鉄電極の劣化が激しく耐用期間が3ヶ月程度しかもたないという、問題点を抱えていた。そこで本研究では、鉄電極の耐用期間の延長を図るべく、嫌気槽に装置を設置しその効果を評価するために検討を行ってきた。

曝気槽と嫌気槽における脱リンのメカニズムの違いを図1に示す。曝気槽では、鉄電解によってイオン化 ( $\text{Fe}^{2+}$ ) した後、酸化されて生じる  $\text{Fe}^{3+}$  が  $\text{PO}_4^{3-}$  と直接結合し  $\text{FePO}_4$  として沈殿するか、同時に生成する  $\text{Fe(OH)}_3$  に  $\text{PO}_4^{3-}$  が吸着し沈殿するからであり、良く知られた反応である。一方、嫌気槽では、イオン化したままの  $\text{Fe}^{2+}$  との反応が主体となる。一般に、 $\text{PO}_4^{3-}$  との親和性は、二価鉄より三価鉄の方が強いと考えられるが、その詳細は不明である。そこで、室内実験により検証したところ、pH 5.5~8 では、 $\text{Fe}^{2+}$  と  $\text{PO}_4^{3-}$  との反応性が高いことが判明し、浄化槽の pH 範囲 6~7 において脱リンは十分可能であることが分かった (図2, 図3)。

昨年度は、嫌気槽第2室に設置し検討したが、本年度は、嫌気槽第1室にて検討を行った。その結果、鉄電極の寿命をさらに延長できることを見出した。一方、脱リン能力については、やや劣るものの、大規模な高度処理施設に匹敵するほど十分な能力を有することが分かった。



## 2. 資源としてのリンの回収に関する研究成果

鉄電解法により得られたスラッジ (FePO<sub>4</sub>, Fe(OH)<sub>m</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>n</sub> を含む) からリンをアルカリ溶液で抽出する方法について検討した。

スラッジを 100℃で乾燥したもの、300℃及び 500℃で加熱処理したものについて、それぞれ 0.5 M, 1 M 及び 6 M の KOH 水溶液で抽出し、比較検討したところ、300℃で 2 時間加熱した後、0.5 M KOH 水溶液で抽出する条件が最も効率的であった。その抽出率は、約 80%であった (図 4, 図 5)。

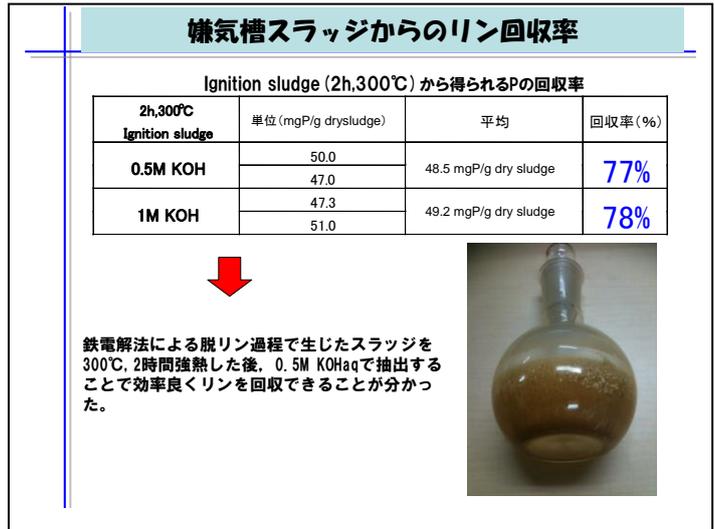


図 4. 嫌気槽スラッジからのリンの回収率

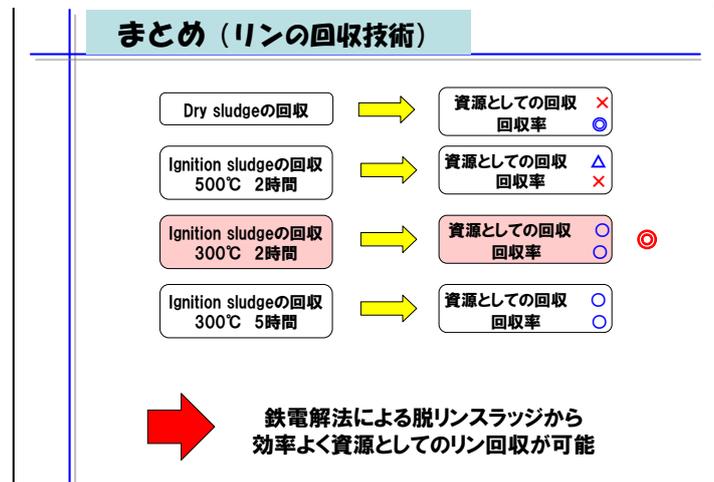


図 5. まとめ (リンの回収技術)

## 3. 総まとめ

研究成果の総まとめを図 6 に示す。

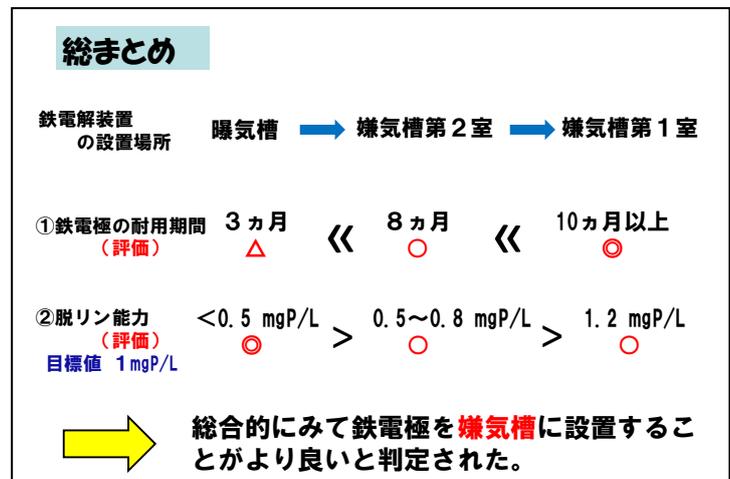


図 6. 総まとめ

⑩研究終了後の展開（科研費などへの申請等）図などで解りやすく示してください。

まず、本技術の特許申請したいと考えている。次に、本研究により開発した技術は、家庭用の小型合併浄化槽に対応するものであったことから、もう少し規模の大きい、例えば、農業集落排水処理施設等で本技術の実証試験を行ってみたいと考えている。島根県等からの要請があれば、応じたいと考えている。

昨年度、科研費に申請したがあまり良い評価を得られず不採択であった。本研究のようなテーマは、科研費には不向きなのかも知れない。環境省等への助成金の申請を検討してみたいと考えている。